

東京工業大学 正員 渡辺 隆
同 正員 姫野賢治
本四公団 正員 ○勝地 弘

1. まえがき

現在、道路舗装の大部分を占めるアスファルト舗装は、そのバインダーであるアスファルトが大きな感温性を持つため、温度という変数が舗装体の挙動を支配する重要な因子となっている。したがってアスファルト舗装に関して論じる際には、その内部温度の評価が極めて重要であることは言うまでもない。

既設の舗装体内部温度推定法は、気温から天候別に回帰式により統計的に推定するものと、熱伝導方程式から理論的に推定するものとに大別される。しかしながら、いずれも対象や測定データが限られており、現段階では未だ舗装設計に適用されるに至っていない。本研究は、このような観点から合理的な舗装設計を行なう上で欠くことのできない舗装体内部温度を推定するため、高精度かつ汎用性の高い推定方法の提案を試みた。なお、材料の伝熱特性、舗装表面における熱伝達は室内実験において定量化した。

2. 舗装体内温度の推定方法

(1) 基礎方程式

舗装体内温度の推定は、理論的には与えられた境界条件のもとに熱伝導方程式を解くという問題に帰着される。すなわち、舗装体内部の熱の流れの一次元性を仮定すると、対象とする基礎方程式は、次のようになる。

$$\frac{\partial \theta}{\partial t}(z, t) = \kappa^2 \frac{\partial^2 \theta}{\partial z^2}(z, t) \quad (1)$$

ここに、 θ ：舗装体温度、 t ：時間、 z ：舗装表面からの深さ、 κ^2 ：熱拡散率である。

(2) 境界条件

本研究では、比較的測定が容易で実用的な舗装表面温度を境界条件とした場合と、舗装設計に適用するため日射、風、降雨といった一般的な気象要素を境界条件とした場合の二通りの解析を行った。次にそれぞれの場合の境界条件式を示す。

a. 表面温度を境界条件にした場合

$$\theta = \theta(0, t) \quad (2)$$

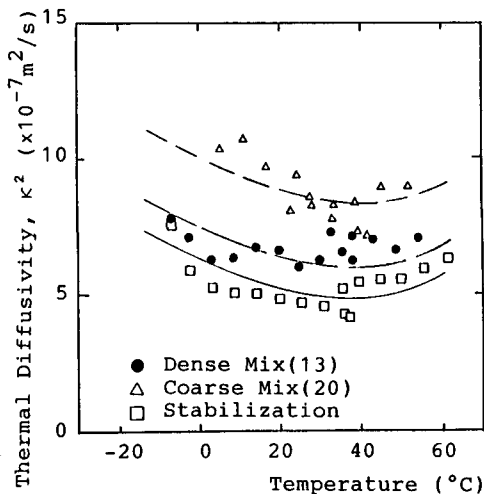


図-1 使用材料の熱拡散率

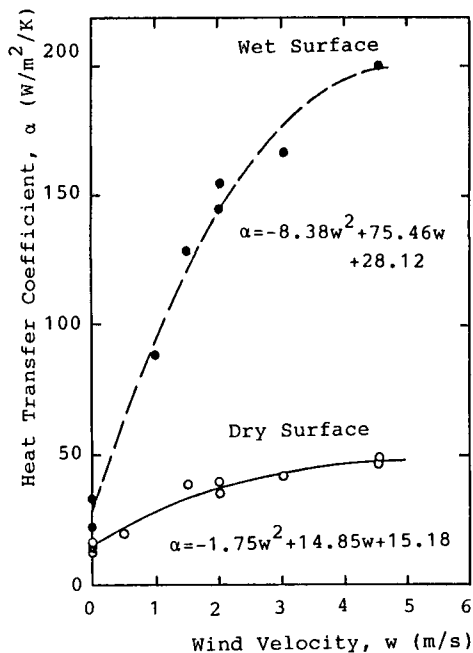


図-2 舗装表面の熱伝達率

b. 気象要素を境界条件にした場合

$$\kappa^2 \frac{\partial \theta}{\partial z} + \frac{\alpha}{\rho C} (\theta - \theta_0) + \frac{q}{\rho C} = 0 \quad \text{at } z=0 \quad (3)$$

ここに、 α : 熱伝達率、 ρ : 密度、 C : 比熱、 θ : 大気温度、 q : 表面での入熱量(日射量)である。

なお、路床上面($z=z_1$)は、後で述べる検証用の実測舗装体温度データにおいてほとんど時間変動がなかったため、断熱境界として扱った。すなわち、条件 a. b. を通じて、 $z=z_1$ において、 $\partial \theta / \partial z = 0$ とした。

(3) 舗装体温度影響因子の評価

実際の舗装体の温度を支配する因子は数多く考えられるが、伝熱機構上、基本的には基礎方程式導入の際に現れた諸変数に集約される。

すなわち、内部の伝熱特性である、 κ^2 、 α 、 C 、および、外部からの入熱量である q である。

材料の熱拡散率 κ^2 は、現場から切り取ったコアを用いて室内で実測し(図-1)、熱伝達率 α は、初めての試みとして降雨と風の影響をまとめて評価するため表面の湿潤状態と風速の関数として実験的に求めた(図-2)。

また、日射量 q については経度、緯度、時刻を与えれば理論的に求められるような計算過程をプログラム中に組み込み一般性を持たせるようにした。これは、気象研究所による実測値と比較してもわかるように精度的にも十分満足できるものである(図-3)。

3. 解析結果

表面温度、気象要素を境界条件にして解析した結果をそれぞれ図-4、図-5に示す。これらより、表面温度からの推定方法では、約1℃、気象要素からのは約4℃の誤差となっているが、時間軸のずれを無視することにより、より良い一致をみることができる。

なお、ここで用いた実測の温度データは、建設省土木研究所構内において測定したものを、また、気象データは、推定法に一般性を持たせるため、気象庁AMEDASのものを用いた。

4. 結論

現場での表面温度が入手可能な場合、舗装体内温度はかなり精度よく推定できることがわかった。表面温度が現場で比較的容易に測定できることを考えると、この方法は非常に実用性の高いものであることがわかる。

また、表面温度が入手できない場合でもAMEDASのデータを用いることによって、全国の舗装体温度の推定がある程度可能となった。したがって、以上の解析手法は、地域特性の違いを考慮に入れた設計法の確立に大きく寄与するものと考えられる。

5. あとがき

本研究で検証のために用いた温度データは筆者の一人が建設省土木研究所に在職中に測定したものである。

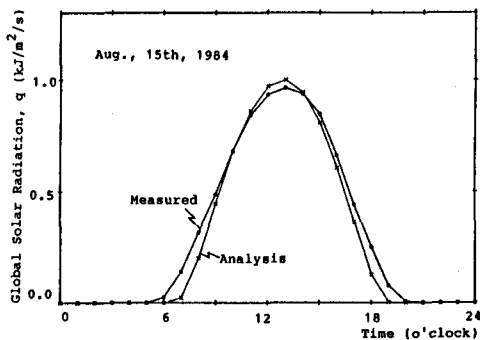


図-3 理論日射量と実測日射量の比較

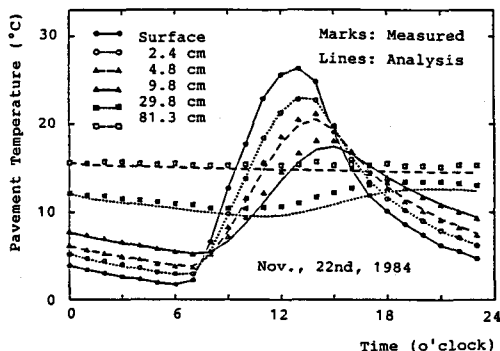


図-4 表面温度からの内部温度推定結果

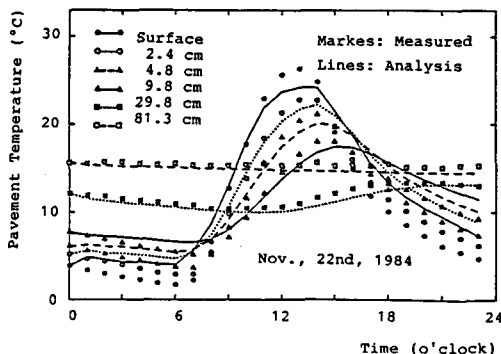


図-5 気象要素からの内部温度推定結果